

УДК 53.083.71+53.088.23+53.088.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРРЕКТОРОВ ПРОСЧЕТОВ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ X- СПЕКТРОМЕТРОВ С ППД

М.П.Белоусов, О.В.Игнатьев, А.Д.Пулин

Уральский государственный технический университет-УПИ, НИЛ ЭРП
620002, Екатеринбург, Мира 19
ovi@dpt.ustu.ru.

Поступила в редакцию 10 сентября 2002 г.

Приведены результаты сравнительного теоретического анализа применяемых в x- и g-спектрометрии методов коррекции просчетов при повышенных статистических нагрузках. Описан предложенный авторами новый метод коррекции, предназначенный в первую очередь для устранения ошибок при резких изменениях скорости счета.

Белоусов Максим Павлович – младший научный сотрудник НИЛ электроники рентгеновских приборов (ЭРП) при кафедре экспериментальной физики УГТУ-УПИ.

Область научных интересов: электронные тракты полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометров различных ионизирующих излучений.

Автор 4 опубликованных работ.

Игнатьев Олег Валентинович – кандидат технических наук, научный руководитель НИЛ электроники рентгеновских приборов (ЭРП) при кафедре экспериментальной физики УГТУ-УПИ.

Область научных интересов: исследова-

ния и разработки в области электроники для прецизионных спектрометров с полупроводниковыми детекторами x-, γ - и n^0 - излучений.

Автор более 70 опубликованных работ, в том числе одной монографии, и более 10 изобретений, нашедших практическое применение.

Пулин Александр Дмитриевич – старший научный сотрудник НИЛ электроники рентгеновских приборов (ЭРП) при кафедре экспериментальной физики УГТУ-УПИ.

Область научных интересов: спектрометрия нейтронов, методы обработки и преобразования сложных аппаратурных спектров.

Автор свыше 25 опубликованных работ.

Во многих приложениях спектрометров ионизирующих излучений возникает проблема точного учета просчетов статистически распределенных во времени импульсов блока детектирования, обусловленных "мертвым" временем элементов спектрометра. Применительно к энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным анализаторам (РФА) элементного состава веществ задача состоит в определении истинной интенсивности линий характеристического излучения, располагая лишь зарегистрированными аппаратурными спектрами. Наличие в составе РФА эффективного корректора просчетов снимает проблему нормировки аналитических пиков на фон либо на полный "интеграл", в значительной мере снижает требования к размерам анализируемого образца и такое устройство совершенно необхо-

димо, если РФА совмещен со сканирующим электронным микроскопом.

Источниками "мертвого" времени в спектрометрах с полупроводниковыми детекторами (ППД) являются: *зарядочувствительный предусилитель (ЗЧП)* с импульсной схемой восстановления (оптоэлектронной, «стоковой» или транзисторной); *процессор спектрометрических импульсов (ПСИ)* с режектором наложений; *аналого-цифровой преобразователь (АЦП)* и *интерфейс* связи с накопителем информации (буферная память либо компьютер). Хорошо известно [1], что "мертвое" время может быть "непродлевающегося", "продлевающегося" и комбинированного типов. ЗЧП, АЦП и интерфейс являются источниками "непродлевающегося" "мертвого" времени, а ПСИ с режектором наложений привносят "мертвое"

время "продлевающегося" типа. Спектрометр в целом представляет собой систему с комбинированным "мертвым" временем. Его поведение в смысле зависимости скорости накопления цифровой информации на выходе R_o от интенсивности регистрируемого детектором излучения R_i зависит от соотношения величин "мертвых" времен.

В общем случае $R_o = f(R_i)$ описывается соотношением [2] (без учета влияния ЗЧП):

$$R_o = R_i / [\exp(R_i \cdot T_D) + R_i \cdot (T_M - T_w + T_{peak}) \cdot U(T_M - T_w + T_{peak})], \quad (1)$$

где T_D – микроскопическое "мертвое" время; T_M – время кодирования и записи кода в память накопителя; T_w – длительность по основанию спектрометрических импульсов; T_{peak} – "пиковое" время спектрометрических импульсов, т.е. время от начала до максимума; $U(T_M - T_w + T_{peak})$ – функция Хэвисайда, равная "1" при $T_M \geq (T_w - T_{peak})$ и равная "0" при $T_M < (T_w - T_{peak})$.

Для современных ППД-спектрометров с быстрыми АЦП, применяемых в РФА, характерно выполнение условия $T_M < (T_w - T_{peak})$, т.е. основным фактором ограничения скорости счета являются наложения спектрометрических импульсов. Это приводит к тому, что

$$R_o = R_i / [\exp(R_i \cdot T_D)]. \quad (2)$$

Точка максимума в "передаточной" функции (2) достигается при условии

$$R_{i \max} = 1 / T_D. \quad (3)$$

Максимум скорости накопления цифровых кодов при этом составляет:

$$R_{o \max} = R_i \cdot e^{-T_D} \quad (4)$$

Рисисунок 1 иллюстрирует приведенные выше зависимости при типовых параметрах современных спектрометров.

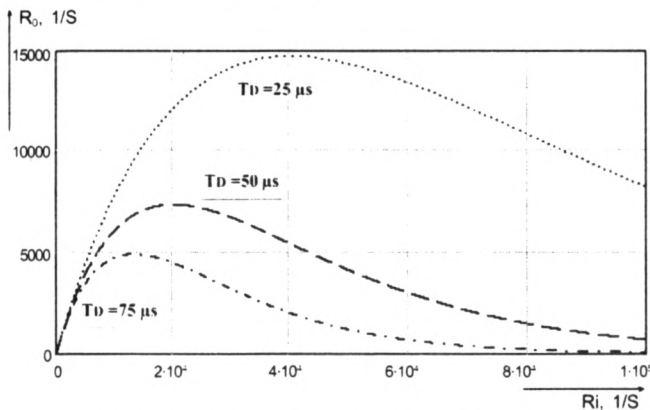


Рис.1. Типовые зависимости скорости накопления R_o "очищенных" от наложений аппаратных спектров от статистической загрузки R_i по входу спектрометрического канала при различных значениях микроскопического "мертвого" времени T_D

Проведенный нами анализ методов коррекции просчетов показал, что точность большинства из них в значительной мере зависит от используемой разновидности методов инспекции наложений. На рис.2 показано, что при одном и том же формирователе спектрометрических импульсов (в данном случае квазигауссовом) микроскопическое "мертвое" время может существенно отличаться (до 1,5 раз) в зависимости от того, допускает ли инспектор наложений частичное перекрытие импульсов без искажения амплитуды либо нет.

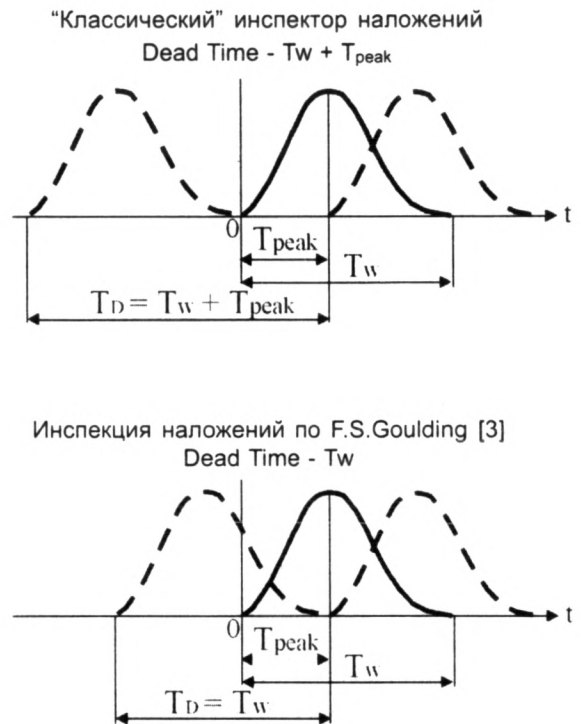


Рис.2. Микроскопическое "мертвое" время T_D в спектрометрах: с "классическим" способом инспекции наложений ("slow inspection"); с инспекцией по F.S.Goulding ("fast inspection") [3]

Классический метод коррекции [1] просчетов, заключался в задании экспозиции по "живому" времени и реализовался в АЦП путем остановок внутреннего таймера каждый раз с момента, когда входной сигнал превышал порог дискриминатора нижнего уровня и до окончания передачи кода в память. Этот метод более или менее устраивал по точности до тех пор, пока загрузки в спектрометре были невелики - фактор занятости $DF = (T_{peak} + T_m) \cdot R_i \cdot 100\% \leq 40 + 50\%$ и при этом основной вклад в мертвое время спектрометра давал АЦП.

По мере совершенствования детекторов, АЦП и других элементов спектрометров основной причиной просчетов стали наложения в спектрометрическом усилителе (см. рис. 1), и появился ряд

новых методов коррекции. Наиболее точным при постоянной интенсивности излучения, но и наиболее сложным в практическом применении оказался метод генератора [4]. Суть его заключается в замещивании на входе ЗЧП сигналов детектора и генератора импульсов стабильной амплитуды и известной частоты. Амплитуда импульсов генератора выбирается такой, чтобы соответствующий ей пик в спектре не накладывался на аналитические линии и на фон; частота генератора должна быть достаточно низкой, чтобы не исказить спектрометрические импульсы, образованные детектором (невозможно получить импульсы одинаковой формы от детектора и генератора, если импульсы последнего подаются на вход ЗЧП), но достаточно высокой, чтобы обеспечить требуемую статистическую точность коррекции. Корректирующий множитель получается как отношение числа поданных за время экспозиции импульсов генератора к числу их, зарегистрированных в памяти анализатора. Отметим, что метод генератора неприменим в таком виде, если интенсивность излучения изменяется во время экспозиции.

Практическое применение в коммерческой аппаратуре нашли следующие способы коррекции просчетов:

“А”. Метод *Gedcke-Hale*, применяемый в аппаратуре компании *EG&G Ortec* [5];

“В”. Корректор по методу *Bartosek et al.* [6], применяемый компанией *Silena* [7];

“С”. Метод “*виртуального*” генератора, предложенный *G.P. Westphal* [8,9], используемый в спектрометрах компании *Canberra*.

Нами проведен математический анализ трех вышеупомянутых типов корректоров просчетов.

Во всех случаях применялась одна и та же разработанная нами методика расчета. Суть ее состоит в том, чтобы математически рассчитать текущее аппаратное “мертвое” время и, пользуясь приведенной ниже очевидной формулой (5), вычислить скорректированную скорость накопления информации R_{o_cor} на выходе спектрометра:

$$R_{o_cor} = CT \cdot R_o / LT = CT \cdot R_o / (CT - DT), \quad (5)$$

где CT – текущее календарное время; R_o – скорость накопления информации по выходу спектрометра в отсутствие коррекции просчетов; LT – текущее аппаратное “живое” время; DT – текущее аппаратное “мертвое” время.

Спектрометрические импульсы, действующие на входе корректора, можно разделить на два сорта: одиночные и “групповые”, т.е. частично либо полностью перекрывающиеся. Интенсивность одиночных импульсов легко находится по

формуле (2), если в качестве T_D подставить величину $T_w + T_{peak}$; вносимое ими текущее мертвое время DT_{single} будет, очевидно, равно

$$DT_{single} = T_w \cdot R_i \cdot \exp[-R_i \cdot (T_w + T_{peak})] \quad (6)$$

Интенсивность и длительности групповых импульсов различной кратности “ k ” представлены формулами (7) и (8) [10]:

$$R_{o_k}(R_i, T_w, k) = R_i \cdot \exp(-2R_i T_w) \cdot [1 - \exp(-R_i T_w)]^{(k-1)}. \quad (7)$$

$$W_k(R_i, T_w, k) = T_w + [(k-1) / R_i] \cdot \{1 - [R_i T_w \cdot \exp(-R_i T_w)] / [1 - \exp(-R_i T_w)]\}. \quad (8)$$

Вносимое ими текущее “мертвое” время находится как сумма по “ k ” произведений “ R_{o_k} ” на “ W_k ”:

$$DT_{groupe} = \sum R_{o_k} \cdot W_k. \quad (9)$$

Применяемый компанией *EG&G Ortec* в своих спектрометрах метод коррекции просчетов “А”, является модификацией классического метода учета просчетов. В классическом методе экспозиции по “живому” времени применяется простая остановка счетчика “живого” времени на период превышения сигналом порога дискриминатора нижнего уровня (ДНУ) АЦП и на время преобразования АЦП. Этим учитывается вероятность появления на входе преобразователя второго сигнала во время занятости его обработкой первого. В методе коррекции по *Gedcke-Hale* учитывается вероятность потери двух импульсов в ситуации, когда произошло наложение двух сигналов до момента максимума первого из них. Такой учет достигается тем, что на время от момента превышения сигналом порога ДНУ до максимума этого импульса либо до возникновения сигнала “наложение” от режектора наложений счетчик “живого” времени не просто останавливается, а включается “на вычитание”. Тем самым упомянутая часть мертвого времени учитывается с двойным весом.

Теоретический анализ показывает, что корректоры, построенные по этому принципу, обладают рядом существенных недостатков:

1) для типичных параметров формы спектрометрических импульсов ($T_w/T_p \approx 2.5$) удовлетворительная точность достигается при среднем мертвом времени $DF = T_w \cdot R_i \leq 0.8$;

2) ошибка коррекции в значительной степени зависит от параметров формы спектрометрических импульсов: наилучшие результаты достигаются при $T_w/T_p \rightarrow \infty$, наихудшие – для спектрометрических формирователей, содержащих стробируемые интеграторы, где $T_w/T_p \approx 1.0$;

3) для коррекции просчетов в реальном времени, как упоминалось выше, требуется определять весовые коэффициенты из соотношения

$W_i = CT / (CT - DT_i)$, где CT – реальное время, а DT_i – текущее мертвое время в секунду. Для уменьшения флуктуаций DT_i необходимо усреднение на некотором временном интервале полученных его значений [8,9]; это ограничивает допустимую скорость изменения интенсивности излучения на входе спектрометра.

Результаты теоретического анализа корректора Gedcke-Hale при $T_w = 50$ мкс и $T_{peak} = 20$ мкс показаны на рис.3.

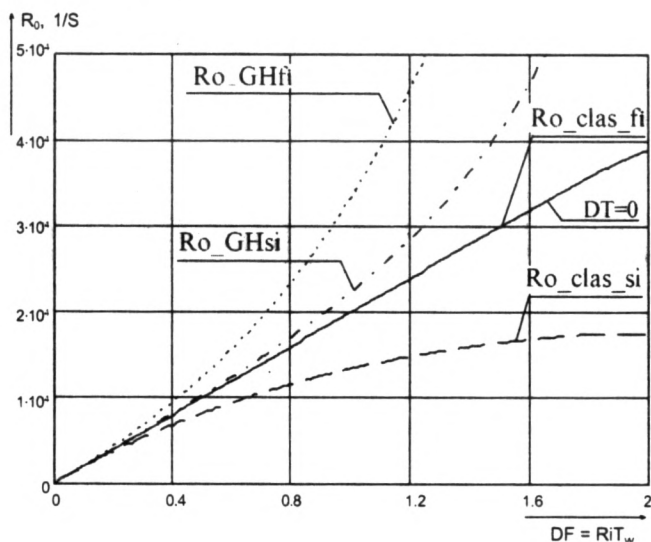


Рис.3. Зависимости скоростей накопления R_0 "очищенных" от наложений аппаратных спектров от фактора занятости спектрометра DF ($DF = R_i \cdot T_w$) и типа инспектора наложений с "классическим" корректором просчетов и корректором Gedcke-Hale [5] при $T_w = 50 \mu s$ и $T_{peak} = 20 \mu s$:

$R_{0_clas_si}$ – "классический" корректор, "медленный" инспектор наложений; $R_{0_clas_fi}$ – "классический" корректор, "быстрый" инспектор наложений; R_{0_GHsi} – корректор Gedcke-Hale, "медленный" инспектор наложений; R_{0_GHfi} – корректор Gedcke-Hale, "быстрый" инспектор наложений

Самый неожиданный результат состоит в том, что наивысшая точность достигается в том случае, когда корректор работает "классическим" образом (на время действия импульса счетчик "жи-

вого" времени просто останавливается), а "быстрый" инспектор наложений допускает частичное перекрытие во времени спектрометрических импульсов ($T_D = T_w$, а не $T_w + T_{peak}$). Более совершенный механизм учета просчетов используется в группе корректоров "В". Принцип действия заключается в том, что учет просчетов, вызванных наложениями, осуществляется за счет продления "мертвого" времени после обнаружения наложения до первого сигнала, возникшего вслед за "групповым" импульсом. До некоторых пределов статистической загрузки соблюдается близкая к линейной зависимость между частотой наложений и дополнительно вносимым "мертвым" временем. Этим в режиме экспозиции по "живому" времени обеспечивается линейная связь между числом зарегистрированных событий и числом сигналов на входе спектрометра. В работе [7] приводятся цифровые данные по поведению спектрометра с корректором "живого" времени (см.таблицу) при регистрации спектров излучения от источника постоянной интенсивности (Na^{22} , энергия $E_g = 1,275$ МэВ) и от источника варьируемой интенсивности (Cs^{137} , энергия $E_g = 0,662$ МэВ). Из данных таблицы следует вывод о существенном улучшении линейности передаточной функции при включенном корректоре (третья и четвертая строки таблицы) при загрузке по входу до 40 кГц (при вероятности наложений менее 40 %). С ростом статистической загрузки, а следовательно, и вероятности наложений эффективность корректора падает из-за неучета им фактора многократных наложений. Теоретический анализ показывает: для той же типовой формы спектрометрических импульсов ($T_w / T_p \approx 2.5$) допустимый предел среднего "мертвого" времени возрастает до значений $DF = T_w \cdot R_i \leq 0.8$. К сожалению, все три недостатка предыдущего устройства имеют место и в данном случае.

Эффективность корректора "Silena" ($T_{peak} = 4,8$ мс; $T_w = 14$ мс; $T_D = 18,8$ мс)

Статистическая загрузка по входу R_i , 1/S ($DF = R_i \cdot T_w$)	10^3 (0,014)	$1,5 \cdot 10^4$ (0,21)	$3 \cdot 10^4$ (0,42)	$4 \cdot 10^4$ (0,56)	$6 \cdot 10^4$ (0,84)
Вероятность регистрации неналоженного события $P_i = \exp \cdot [-R_i \cdot (T_w + T_p)]$	0,981	0,754	0,569	0,471	0,324
Число отсчетов в пике Na^{22} без коррекции "живого" времени, имп.	$17,581 \cdot 10^3$	$13,352 \cdot 10^3$	$10,143 \cdot 10^3$	$8,432 \cdot 10^3$	$5,875 \cdot 10^3$
Число отсчетов в пике Na^{22} с коррекцией "живого" времени, имп.	$17,64 \cdot 10^3$	$17,655 \cdot 10^3$	$17,501 \cdot 10^3$	$17,191 \cdot 10^3$	$15,459 \cdot 10^3$

На рис. 4 приведена расчетная передаточная функция при тех же параметрах спектрометри-

ческих импульсов, что и на рис. 3; инспектор наложений "медленного" типа, т.е. $T_D = T_w + T_{peak}$ (заме-

тим, что результаты проведенных нами расчетов с численными параметрами импульсов по работе [7] совпали с данными вышеприведенной таблицы).

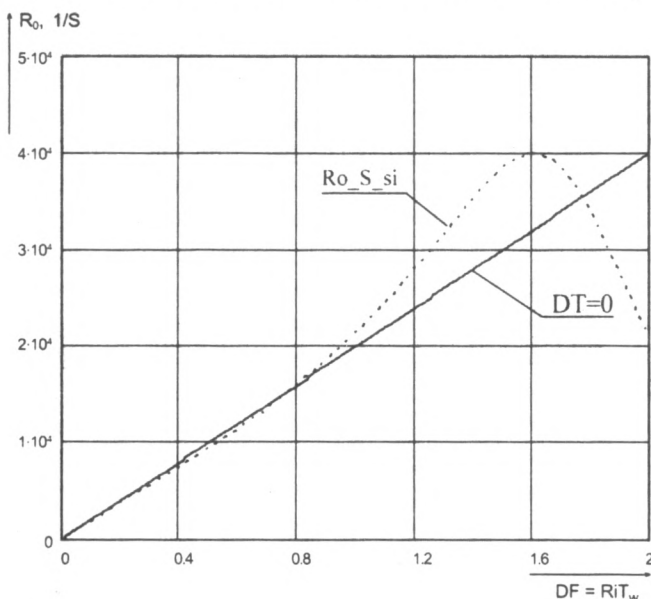


Рис.4. Зависимость скорости накопления R «очищенных» от наложений аппаратурных спектров от фактора занятости спектрометра DF с корректором просчетов Silena [6,7] и «медленным» инспектором наложений (параметры спектральных импульсов прежние: $T_w=50 \mu\text{S}$ и $T_{\text{peak}}=20 \mu\text{S}$)

Наиболее совершенным методом коррекции применяемым в промышленно выпускаемых спектрометрах, является метод (тип «С») «виртуального» генератора [8,9].

Принцип коррекции просчетов заключается в следующем:

i. измеряется «мертвое» время (время занятости) спектрометра, которое начинается с появлением спектрального импульса, индуцированного квантом (частицей) излучения, и заканчивается с окончанием преобразования его амплитуды в эквивалентный цифровой код;

ii. измеренный период удлинняется на величину времени достижения максимума T_p спектральных импульсов;

iii. генерируется последовательность тестовых логических импульсов, независимых от спектральных импульсов, но с частотой, существенно превышающей среднюю частоту спектральных импульсов, т.е. тестовых импульсов реального времени;

iv. определяется средняя частота тестовых логических импульсов, не совпадающих с выделенными и «растянутыми» интервалами мертвого времени, т.е. тестовых импульсов «живого» времени;

v. находится отношение частоты тестовых импульсов реального времени к средней частоте тестовых импульсов «живого» времени;

vi. находится весовой коэффициент (действующий на некотором интервале времени) как целая часть отношения частот тестовых импульсов;

vii. код амплитуды очередного спектрального импульса записывается в память с вычисленным «весом».

Способ [8] был разработан специально для применения в измерениях с изменяющейся интенсивностью излучения. Благодаря предусмотренной процедуре удлинения измеренного «мертвого» времени, появляется возможность оптимальной настройки корректора на конкретную форму спектральных импульсов в измерительном тракте (автором патента эта возможность не указывается, временная добавка в [8,9] строго фиксирована и равна T_p). По нашим расчетам для стандартной формы ($T_w/T_p \approx 2.5$) добавка должна составлять величину $0.75 T_p$, при этом приемлемая точность коррекции (ошибка менее 5%) обеспечивается вплоть до $DF = T_w \cdot Ri \leq 1.75$, что значительно расширяет диапазон допустимых нагрузок по сравнению с корректорами, основанными на других принципах (рис.5).

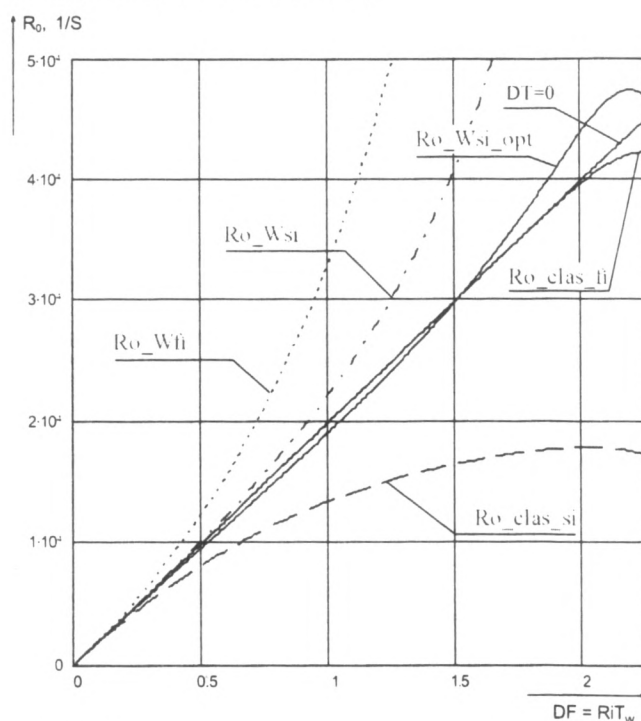


Рис.5. Зависимости скоростей накопления R_0 «очищенных» от наложений аппаратурных спектров от фактора занятости спектрометра DF и типа инспектора наложений с «классическим» корректором просчетов и корректором Westphal [8,9] ($T_w=50 \mu\text{S}$ и $T_{\text{peak}}=20 \mu\text{S}$):

$R_{0_clas_si}$ - «классический» корректор, «медленный» инспектор наложений; $R_{0_clas_fi}$ - «классический» корректор, «быстрый» инспектор наложений; R_{0_Wsi} - корректор Westphal, «медленный» инспектор наложений; R_{0_Wfi} - корректор Westphal, «быстрый» инспектор наложений; $R_{0_Wsi_opt}$ - корректор Westphal, «медленный» инспектор наложений, длительность временной добавки к микроскопическому мертвому времени оптимизирована

Недостатками рассмотренного способа остаются те же, что свойственны рассмотренным выше аналогам:

а) ошибка коррекции в значительной степени зависит от параметров формы спектрометрических импульсов: наилучшие результаты достигаются при $T_w/T_p \rightarrow \infty$, наихудшие – для спектрометрических формирователей, содержащих стробируемые интеграторы, где $T_w/T_p \approx 1,0$;

б) при проведении коррекции просчетов в реальном времени весовые коэффициенты WF_i определяются из соотношения $WF_i = CT/(CT-DT_i)$ с усреднением на некотором временном интервале: это ограничивает допустимую скорость изменения интенсивности излучения на входе спектрометра. С учетом недостатков рассмотренных корректоров-прототипов нами разработан новый принцип коррекции просчетов в реальном времени, а также соответствующее устройство¹.

Предлагаемый способ коррекции состоит в следующем. Поток сигналов, обусловленный взаимодействием квантов излучения с рабочим веществом детектора представляет собой пуассоновский поток. Наложенные во времени импульсы образуют собой суперпозиции, называемые, как упоминалось выше, «групповыми» импульсами. Средняя кратность наложений, т.е. среднее число спектрометрических импульсов, образующих «групповые» импульсы, согласно [10] дается выражением:

$$K_{\text{mean}} = \exp(R_i \cdot T_w), \quad (10)$$

где по-прежнему R_i – средняя частота импульсов на входе спектрометра; T_w – длительность по основанию каждого из спектрометрических импульсов.

Средняя длительность «группового» импульса дается [10] формулой

$$T_{Gr} = [\exp(R_i \cdot T_w) - 1]/R_i. \quad (11)$$

Комбинируя (10) и (11), получаем:

$$K_{\text{mean}} = 1 + T_{Gr} \cdot R_i \cdot \exp(T_{Gr} \cdot R_i). \quad (12)$$

Из анализа выражения (12) можно предположить, что для статистического определения числа исходных спектрометрических импульсов в «групповом» импульсе следует его длительность заполнить серией тестовых логических импуль-

сов с экспоненциально возрастающей частотой и подобрать необходимую постоянную времени. Число тестовых импульсов, заполняющих «групповой», должно в среднем соответствовать числу исходных спектрометрических сигналов, образующих этот «групповой» импульс. Именно такая модель и была использована нами. Следует обратить внимание, что нигде в формулах (10) + (12) не фигурирует параметр T_{peak} ! Отсюда следует, что форма импульсов никак не сказывается на настройках корректора, единственная подстройка – временной масштаб (параметр T_w).

Результаты расчетов быстродействия спектрометра с корректором этого типа приведены на рис.6.

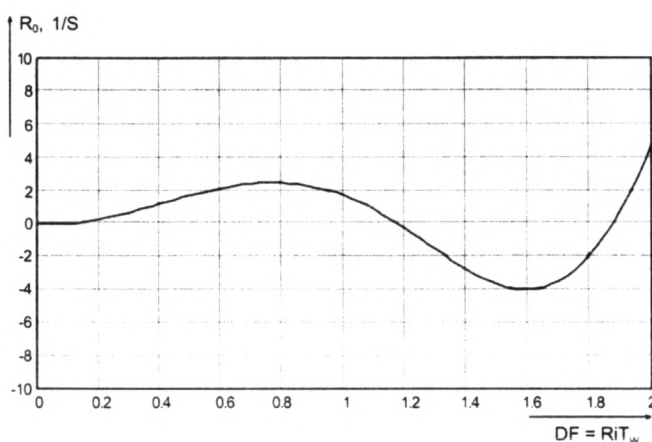


Рис.6. Относительное отклонение скорректированной по новому методу скорости набора спектра от статистической загрузки по входу спектрометра в функции от DF ($T_w=50 \mu\text{с}$ и $T_{\text{peak}}=20 \mu\text{с}$).

Преимущества нового корректора очевидны:

1) существенно расширенный диапазон допустимых статистических загрузок – $DF = R_i \cdot T_w \leq 200\%$, что значительно превышает практические потребности;

2) независимость параметров от типа спектрометрического формирователя, достаточно соблюдать временной масштаб.

К числу недостатков следует отнести тот факт, что такой корректор принципиально не может работать в режиме экспозиции по «живому» времени, т.е. статистическая ошибка измерений будет определяться не числом набранных событий в памяти накопителя, а числом не искаженных наложениями событий, зарегистрированных за время экспозиции по календарному времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович А.П. Ядерная электроника. М.: Энергоатомиздат, 1984. 408 с.
2. Twomey T.R. High-Count-Rate Spectroscopy with Ge De-

tectors: Quantitative Evaluation of the Performance of High-Rate Systems / T.R.Twomey, R.M.Keyser, M.L.Simpson, S.E.Wagner//Radioactivity & Radiochemistry. 1991. V.2, №3.

¹ Заявка на патент находится в стадии оформления.

3. Goulding F.S. Design philosophy for high-resolution rate and throughput spectroscopy systems / F.S. Goulding, D.A. Landis // IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1983. V. NS-30, №1. P.301-310.
4. Deighton M.O. Statistical errors arising from use of a gated pulse train for total live time measurement during pulse amplitude analysis // Nucl. Instrum. & Meth. 1961. V. 14. P. 42-52.
5. Jenkins R. Quantitative X-Ray Spectrometry/ R. Jenkins, R.W. Gould, D. Gedcke. NY: Marcel Dekker, Inc, 1981.
6. Bartossek J. The use of a pile-up rejector in quantitative pulse spectrometry/J.Bartossek, J.Masek, F.Adams, J.Hoste // Nucl. Instrum. & Meth. 1972. V.104. P.221 - 223.
7. An Introduction to Spectroscopy Amplifiers. SILENA application note. Milano, Italy, 1982. 42 p.
8. US Pat. Method of and system for determining a spectrum of radiation characteristics with full counting-loss compensation /G.P.Westphal. №4,476,384 (9.10.84).
9. G.P.Westphal. Real-Time Correction of Losses in Nuclear Pulse Spectroscopy // J. of Radioanal. Chem. 1982. V. 70, № 1-2 . P. 387-410.
10. Гольданский В.И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц / В.И. Гольданский, А.В. Куценко, М.И. Подгорецкий. М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1959. 411 с.

* * * * *

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF CORRECTORS OF RATE-RELATED LOSSES FOR PRECISION X- SPECTROMETERS WITH SEMICONDUCTOR DETECTORS

M.P.Belousov, O.V.Ignatyev, A.D.Pulin

The results of the comparative theoretical analysis used in x- and g- spectroscopy methods of a correction of losses at heightened count-rate are reduced. The new method, offered the writers, of a correction is circumscribed. It is intended first of all for purification at leaps count-rate.
